وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

الاغشية الرقيقة

البحث مقدم الى كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

أعداد الطالبه

وداد حمود فيحان

بأشراف

أ. عدي جيجان

1444 هـ

2023 م

الإهداء

الى من كان حلمه ان أكون وأصبحت ما كان يريده الى والدي

الى من عززت في داخلي شخصي الى امي المراة المجاهدة

الى كل معلماتي اللاتي كن سببا في وصولي الى اخوتي مصدر قوتي

الى صاحب الفضل الكبير استاذي مشرف البحث (أ . عدي علي جيجان) واساتذتي

الى زملائي واصدقائي

الى كل من كان له اثر

اهديهم جميعا نخبي المتواضع

الـــشـــكـــر والـــتـــقـــديـــر

الحمد لله الأول قبل الإنشاء والإحياء والآخر بعد فناء الأشياء العليم الذي لا ينسى من ذكره ولا ينقص من شكره ولا تخيب من دعاه ولا يقطع رجاء من رجاه.

والصلاة والسلام على أشرف الخلق والمرسلين أبي القاسم محمد وعلى اله الطيبين الطاهرين.

أما بعد. . . فإني يسعدة أن أتقدم بالشكر الجزيل و وافر الامتنان لأستاذي الفاضل الأستاذ (أ. عدي علي جيجان) لتفضله مشكور باقتراح موضوع البحث و وقوفه معي لإكمال والخارج البحث بشكله الحالي.

كما يطيب لي ويسعدني أن أتقدم بوافر الشكر والتقدير والاعتزاز لكافة تدريسي كلية التربية للعلوم

الصرفة قسم الفيزياء.

كما أتقدم بخالص شكري وامتناني إلى كل من مد لي يد المساعدة في أخارج هذه الدارسة على أكمل وجه وانأ اختتم بحثي بعون الله

الخلاصة

لقد تم دراسة هذا البحث الذي يتحدث عن (الاغشية الرقيقة) اربع افصل الفصل الأول يتحدث عن الاغشية الرقيقة زمن اهم المواضيع الذي تناولنا في هذا البحث وهي نبذه تاريخية و أنواع الغشية الرقيقة وصناعة تقنية الاغشية بطريقة الرشرشة و الفكرة الأساسية فلتقنية الرشرشة وطرائق ترسب الاغشية الرقيقة ومراحل تشكيل الغشاء والعوامل المؤثرة على تكوين الغشاء وطرق تحظير الاغشية الرقيقة و اليات نمو الاغشية الرقيقة ومراحل توضع الايونات ومرحلة الالتحام ومرحلة النمو اما الفصل الثاني يتحدث عن الطرق الفيزيائية لتحظير الاغشية الرقيقة من اهم المواضيع وهي طريقة الفيزيائية ومشاكل النسب المتكافئة و طريقة الترتيذ ونظرية عملية الطلاء السبين ومميزات الطرق الفيزيائية وعيوب الطرق الفيزيائية اما الفصل الثالث يتحدث عن قياس الاغشية ومن اهم المواضيع وهي قياس سمك الاغشية الرقيقة القياسات التركيبية و القياسات البصرية اما الفصل الرابع يتحدث عن استخداماتها وتطبيقاتها ومن اهم المواضيع كانت استخدامات الاغشية الرقيقة وتطبيقات الاغشية الرقيقة

الفهرست	الصفحة
الفصل الأول : الاغشية الرقيقة	6
نبذه تاريخية	7
أنواع الاغشية الرقيقة	8
صناعة الاغشية الرقيقة بطريقة الرشرشة	9
الفكرة الأساسية لتقنية الرشرشة	10
طرائق ترسب الاغشية الرقيقة	10
مراحل تشكيل الغشاء	11
اشكال نمو الغشاء	11
العوامل المؤثرة على تكوين الغشاء	12
طرائق تحضير الاغشية الرقيقة	12
اليات نمو الاغشية الرقيقة	13
مراحل توضع الايونات	13
مرحلة الالتحام	14
مرحلة النمو	14
الفصل الثاني : الطرق الفيزيائية لتحضير الاغشية الرقيقة	16
طرائق تحضير الاغشية الرقيقة	17
الطرق الفيزيائية	17
طريقة الترذيذ	19
نظرية عملية طلاء الدوار	23
مميزات الطرق الفيزيائية	26
عيوب الطرق الفيزيائية	26
الفصل الثالث : قياسات الاغشية الرقيقة	27
قياسات سمك الاغشية الرقيقة	28
القياسات التركيبية	30
القياسات البصرية	32
الفصل الرابع : استخدامات وتطبيقات الاغشية الرقيقة	33
استخدامات الاغشية الرقيقة	34
تطبيقات الاغشية الرقيقة	35
المصادر	36

الفصل الاول

الاغشية الرقيقة

(1-1)مقدمة عن الاغشية الرقيقة

... نبذه تاريخيه

يصف مصطلح الغشاء الرقيق طبقة واحدة أو عدة طبقات من ذرات المادة اليتجاوز سمكها المايكرون الواحد. استعملت الاغشية الرقيقة منذ أكثر من نصف قرن في عمل النبائط الكترونية والفوتو فولتانيه ومختلف التطبيقات البصرية وهي ما زالت تتطور يوميا . حيث أن تقنية الغشية الرقيقة تعتبر تقنية قديمة لكنها بنفس الوقت تعتبر المفتاح الحالي التقنية الكثير من المواد وهناك مجلدات عديدة خاصة بالغشية الرقيقة منها كتيب العالمين منذ أكثر من ثلاثين سنة (Massiel and Glay) ومن الخواص الاساسية الأغشية الرقيقة هي التركيب البلوري الاغشيه سمك الغشية وغيرها من الخصائص والمميزات التي ال تتوفر في المادة بشكلها الحجمي وتركيب الأغشية يعتمد على تقنية التحضير وتكون على هيئة أغشية عشوائية و متعددة البلورات أو أغشية أحادية البلورة Single crystal كما إن خواصها الكهربائية والبصرية تتغير اعتمادا على البنية البلورية ووجود أو عدم وجود الشوائب وبصورة عامة فأن الأغشية الرقيقة تنتمي إلى الحالة الصلبة لذلك فمن الممكن تقسيم هذه المواد تبعاً لتركيبها البلوري أو لترتيب ذراتها وكذلك يستعمل مصطلح الغشية الرقيقة لوصف طبقة ، أو طبقات عديدة (Layers) من ذرات

المادة ال يتعدى سمكها مايكرومتر واحد ، أو عدة نانومترات ، وألنها رقيقة ، وهشة سهلة الكسر يجب ترسيبها على مادة صلبة مثل الزجاج ، أو السليكون ، أو بعض المالح ، أو البوليميرات ، تمتلك الاغشية الرقيقة خصائص ، ومميزات ال تكون متوافرة في تراكيب المواد الأخرى، فحقيقة سمكها المتناهي في الصغر وكبر نسبة السطح إلى الحجم منحتها تركيا فيزيانيا فريدا يضاهي تركيب أحادية البلورة أحيانا ، ويفوقها أحيانا أخرى ، وتتمتع الاغشيه بخصائص فيزياوية تختلف عن خصائص المواد المكونة لها وهي في حالتها الحجمية (Bulk) ، وتعد أمكانية تحضير أكثر المواد الصلبة على هيئة أغشية رقيقة أحدى التقنيات المهمة للحصول على صفات جديدة للمواد التي يصعب مشاهدتها وتحسسها عندما تكون بشكلها الكتلوي الطبيعي ، بدأ العمل في مجال تحضير الأغشية الرقيقة منتصف القرن التاسع عشر ، ففي العام 1852 توصل كال من بنزن وگروف Bunsen and Grove إلى تحضير أغشية رقيقة باستخدام تقنية التفاعل

الكيميائي Chemical Reaction وكذلك بتقلية الترديد بالتفريغ التوهجي Glow-discharge Sputtering، ولقد مرت تقنية الاغشية الرقيقة بمراحل تطور سريعة نتيجة لتمييزها بخصائص أساسية مثل الدقة والتقلص في الحجم ، فعلى مر السنين طور العلماء تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة وصول إلى تقنية التبخير الثنائي المشترك في الفراغ والتي تم اكتشافها من قبل العالم هوگارت Hogarth العام .1968[1]

(1-2) انواع الاغشية الرقيقة

1-اغشية المعادن والسباتك

2-اغشية مزيج المعادن و العوازل

3-الاغشية غير المتبلورة [1]

1- أغشية المعادن والسبائك

تستخدم هذه الأغشية كمقاومات كهربائية ، ومن المعادن المفضلة في هذا المجال المعادن الانتقالية وسبائكها، حيث تمتاز بمقاومتها العالية مقارنة بالسبائك الأخرى وذلك بسبب تداخل حزم الطاقة المملوءة جزئيا مع حزم الطاقة الفارغة جزئيا إضافة إلى ذلك فإن محدودية الغشاء الرقيق تساهم في تغيير المقاومة النوعية بسبب الإسطارة السطحية وهي صفة مميزة للأغشية المصنعة من هذه المواد. يمكن التحكم بمقاومة الاغشية عندما يكون سمك الغشاء أقل من معدل المسار الحر للالكترونات فتستطير الإلكترونات عند السطح في حالة تسليط مجال كهرباني ، وكذلك عند اصطدام الإلكترونات مع النويات والتي يكون حجمها مساويا أو أقل من معدل المسار الحر للإلكترونات مما يزيد من مقاومة أغنية المعادن والسبائك. تستخدم مثل هذه الأنواع من الأغشية كموصلات في الدوائر الكهربائية وفي بناء و المحتثات والمتسعات

2- أغشية مزيج المعادن والعوازل

درست هذه الأغشية منذ سنوات عدة وإن النظرية التي تفسر سلوك المزيج المصنع كغشاء رقيق تدعم المسامية حيث تعتمد على مبدأ التركيز الحرج للمادة الموصلة وعندما يكون تركيز المادة أعلى من القيمة الحرجة عندها يمكن اعتبار العشاء شبكة

متصلة من الشعيرات المعدنية، أما إذا كان تركيز المادة الموصلة أقل من القيمة الحرجة فلا تكن الفواصل متصلة مع بعضها بصورة جيدة لتمثل مسارات معدنية ولذلك يحصل التوصيل الكهربائي بين جسيمات محددة ، حيث أن إنتقال الالكترونات يتطلب إثارة حرارية للتغلب على القوة الكهربائية المستقرة. ومثل هذه الحرارة تجعل معامل المقاومة عماليا وهي الصفة المكتسبة لمزيج المعادن والعوازل.

3- الأغشية غير المتبلورة Amorphous films

يستخدم هذا النوع من الأغشية في صناعة الأفلام الجافة والمفاتيح الكهربائية وكاشف الأشعة تحت الحمراء والتصوير الضوئي . أما أكاسيد المواد الداخلة في تكوين تلك الأغشية فنس تخدم فقـــــــي الـــــــــدوائر الكهربائية المتكامل وترجع أهمية الأغشية الرقيقة غير المتبلورة إلى إمكانية تحضيرها في مساحات

كبيرة يمكن الاستفادة منها في التطبيقات الصناعية

(3-1)صناعة الأغشية الرقيقة بتقنية الرشرشة sputtering technology

كثير من الصناعات والأبحاث العلمية تقوم على تقنية الأغشية الرقيقة والتي تعرف باسم thin وهي تحويل المادة في حالتها الصلبة او السائلة او الغازية إلى طبقات رقيقة جدا لا يتعدى سمكها الميكرون. والكثير من الدوائر الالكترونية المعتمدة على اشباه الموصلات تطورت بتطور تقنية الأغشية الرقيقة films تقوم تقنية الاعشية الرقيقة على عملية ترسيب deposition الذرات أو الجزيئات على ركيزة تعرف باسم substrate تعد كقاعدة لدعم الاغشية الرقيقة وقد تكون هذه الركيزة من الزجاج الكوارتز أو السليكون أو الالومنيوم. وهناك الكثير من التطبيقات الصناعية المختلفة للأغشية الرقيقة حيث تدخل في تركيب الاجهزة الالكترونية من مقاومات ومكثفات وترانزستور وشرائح الكترونية وفي الحقيقة كل التقنيات التي تنعم باستخدامها من أجهزة الكترونية دقيقة وذكية هي في الأساس نتيجة للتقدم في مجال صناعة الأغشية الرقيقة. كما انها تدخل في تصنيع الخلايا الشمسية والكواشف الضوئية التي تعمل في مدى محدد من الطيف الكهرومغناطيسي وادي التطور الكبير في تصنيع الأغشية الرقيقة إلى الدخول إلى عالم النانو تكنولوجي ودراسة خواص المواد على المقياس الثانوي. [2]

(1-4) الفكرة الاساسية لتقنية الرشرشة Basic Sputtering Process

تعد تقنية الرشرعة sputtering من تقنيات الترسيب الفيزيائي البخار physical vapor deposition والتي تختصر بالأحرف PVD، والتي فيها يتم ترسيب المواد على ركائز من خلال طرد أو قدف أو رش أو انتزاع الذرات من مادة الهدف وترسيبها على الركيزة في حجيرة مفرغة. تتم عملية الترسيب بالرشرشة Sputtering من خلال تجهيز المادة الهدف أو المصدر المراد استخدامها للحصول منها على أغشية رقيقة وتثبيتها في الحجيرة المفرغة، لتم قذفها بايونات غاز خامل وفي الأغلب يكون غاز الارجون Ar+ التصادمات القوية لهذه الايونات مادة الهدف [2] تعمل على النزاع الذرات التي تتحرك حتى تصل إلى ركيزة الترسيب وتبدأ في التكثف على سطحها في صورة غشاء رقيق thin film. مع ترسيب المزيد من الذرات تبدأ في الالتحام مع بعضها البعض وتشكل طبقة ذرية مترابطة.

(1-5)طرائق ترسيب الاغشية الرقيقة Thin Film Deposition Methods

نتيجة للتطبيقات الواسعة للأغشية الرقيقة وعلى اختلاف أنواع المواد و مواصفاتها ، وجدت الحاجة الماسة إلى ظهور تقنيات تحضير جديدة تلائم الأغشة ومجالات تطبيقاتها، لذا تطورت تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة و تعددت مع زيادة التقدم العلمي والتقني والتكنولوجي المعاصر فاستحدثت العديد من الطرائق للتحضير، إذ سبحت لكل طريقة خصوصيتها لتنجز العمل الذي أنشات من . ان اي عملية ترسيب تتضمن ثلاث خطوات أساسية ، هي [2]:

1-توليد النوع المناسب من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات

2-نقل هذه الأنواع الى الركيزة خلال الوسط .

3- تكثيفها على الركيزة اما مباشرة واما كيميائيا واما بعملية كهروكيميائية لتشكيل

المادة الصلبة.

(1-6)مراحل تشكل الغشاء يمكن ان تختصر في سبع خطوات :

1- التوافق (التكيف) الحراري : أي أن تكون الركيزة مهيئة حراريا لاستقبال

(التقاط) الذرات المصطدمة

2 - الارتباط هنالك عملية تنافسية بين التراث المرتطمة بالسطح اثناء عملية

توضيعها وبين عملية انتزاع هذه الذرات عن السطح .[3].

3- انتشار السطح : بعد ارتباط القرات بالسطح تتشكل علية عملية عناقيد مستقرة وقابلة للنمو فهي تمثل عامل جذب وبالتالي سيتشكل الغشاء وحتى تتم عملية نمو هذه العناقيد تسقط رات على السطح وتتدحرج وتأخذ مناحي انتشار وتتجه نحو العناقيد لتنمو وتتحول العشاء رقيق (فهي عملية عشوائية لكن فيها مسارات مفضلة)

4- عملية التنوية : وهي عملية تشكل العنقود والتي يعرقلها وجود معدل انتزاع يعيق تشكل العنقود ، اما الذي يخفض عملية تشكل العنقود بشكل سريع هو كون سطح الركيزة غير مستوي أو يحوي على بعض النتوءات تؤدي الى عرقلة لدحرج الذرات على السطح وبقاءها زمنا كافيا لتتجمع وتشكل عنقود .

5- نمو الجزر : وهو نمو العناقيد لتتحول إلى عشاء .

6- اتحاد الجزر مع بعضها : ويتم بمغادرة الذرات والجزر الصغيرة بأتجاه الكبيرة

وابتلاع العناقيد الصغيرة التي تتحرك بعشوائية من قبل الكبيرة .[3].

(1-7) اشكال نمو الغشاء

1 - النوع 20 من النمو البطيء ينتج عنه سطح ناعم أملس تماما وهو نمو ثنائي الابعاد يشكل غشاء يمتد على سطح الركيزة

2-النوع 32 تتكون فيه عناقيد سريعة النمو ، وهو نمو ثلاثي الابعاد يحدث منه عدد

من العيوب خلال النمو يعتمد على عدم التجانس بين الطبقات والركيزة .[4]

3- النوع غير المتبلور

(1-8) العوامل المؤثرة على تكوين الغشاء :

1 - البنية البلورية للركيزة

2 درجة حرارة الركيزة .

3- تأثير موقع الركيزة ومساحتها

4 -تأثير دوران الركيزة اثناء التوضيع

(1-9)طرائق تحضير الأغشية الرقيقة [5]

أولا : الطرائق الفيزيائية:

1 طريقة الترسيب الفيزيائي للبخار

2- الترسيب بالليزر النبضي

3 - طريقة الترديد

ثانيا : الطرائق الكيميائية :

1- الترسيب الكهربائي

a) الترسيب الالكتروليتي

b) أكسدة الأنود

2- الترسيب اللاكهربائي

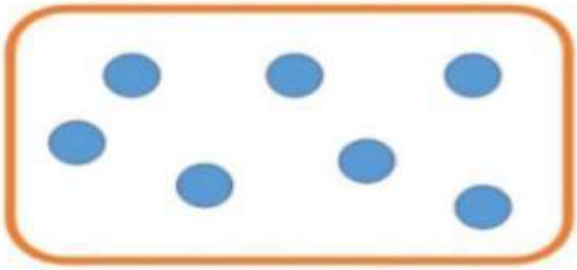
3 - الترسيب الكيميائي البخار

(1-10) اليات نمو الاغشية الرقيقة :

تعد البنية المجهرية للأغشية الرقيقة بعدة عوامل يجب مراعاتها قبل تحضيرها، ذلك أن لها حساسية عالية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المدروسة خلال نموها، وكذلك الشروط الفيزيائية للترسيب، ومن هذه العوامل تذكر ضغط الهواء ودرجة حرارة الركيزة، في كل مرحلة من مراحل تطور الغشاء الرقيق، تخضع مجمل طرق تركيب الأغشية الرقيقة إلى ثلاث مراحل وهي إنتاج المواد المرسبه (الأيونات، الجزيئات، الذرات...) المناسبه نقل المواد المرسبة إلى الركيزة ترسيب ونمو الطبقة على الركيزة إما بطريقة مباشرة أو عن طريق التفاعل الكيميائي لتشكل ترسبات صلبة على هذه الركيزة، بحيث تتشكل الطبقة الرقيقة حسب المعايير الترموديناميكية للتوضع وحالة سطح الزجاج وغالبا ما يحدث في هذه المرحلة الأخيرة المراحل الثلاث الأتية[6]

(1-11)مرحلة توضع الأيونات

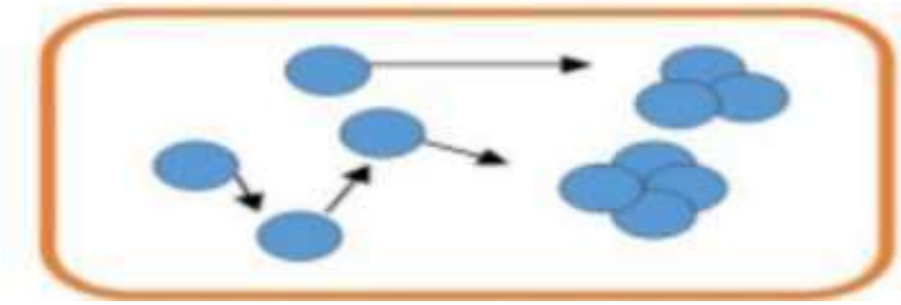
هذه الظاهرة ترافق التغيرات التي تطرأ على حالة المادة، تتمثل في ظهور نقطة التحول لتطور حالة المادة إلى بنية فيزيائية أو كيميائية جديدة، تحول هذه المواد إلى رذاذ وتلتصق على سطح الركيزة ويتم تكثيفها فيزيائيا من قبل سطح الركيزة بحيث تتفاعل أيونات هذه المادة مع الركيزة وتشكل ما يعرف باسم المجموعات وتسمى أيضا بالأنوية المنشأةالشكل (1)يوضح مرحلة توضع الأيونات[7]



شكل رقم (1) رسم تخطيطي يوضح مرحلة توضيح الايونات للطبقات الرقيقة

(1-12)مرحلة الالتحام:

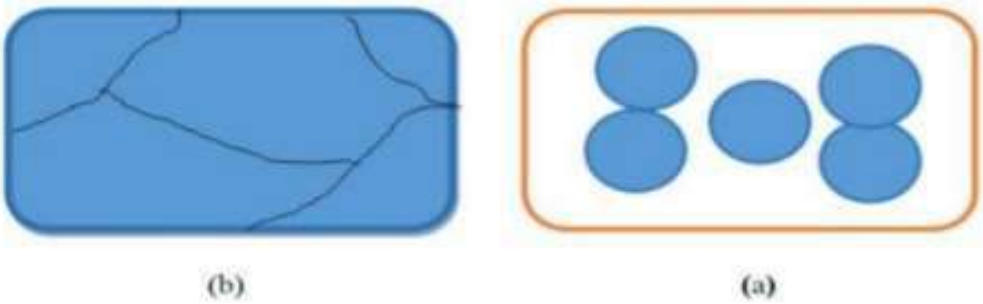
لتميز هذه المرحلة بالتحام المجموعات فيما بينها لتشكيل طبقة تعطي تدريجيا الركيزة، الشكل(2)يوضح هذه المرحلة



شكل (2)رسم تخطيطي يوضح مرحلة الالتحام

(13-1)مرحلة النمو:

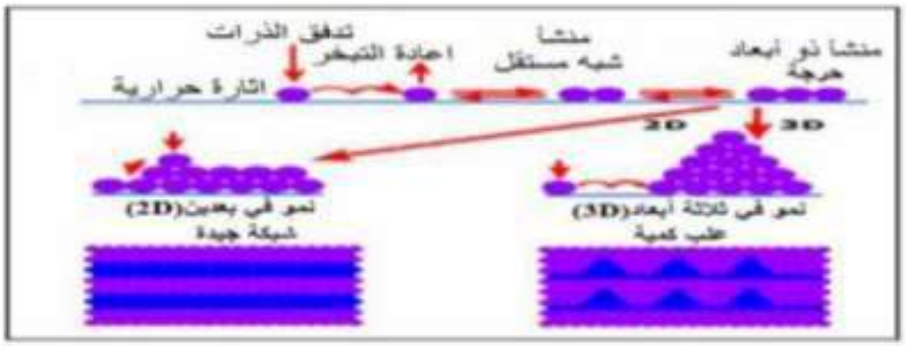
تعد مرحلة النمر المرحلة الأخيرة في عملية تركيب العشاء الرقيق كما تعد هذه الظاهرة بمثابة تكملة العملية الالتحام بحيث يتم تشكل طبقة مستمرة وذلك عن طريق ملء الفجوات (الفراغات) وذلك بزيادة درجة حرارة الركيزة، الشكل (.3) يوضح مرحلة النمو



شكل رقم (3)رسم تخطيطي يوضح مرحلنا النمو (a) والالتحام (b) من مرحلة نمو الاغشية الرقيقة

الشكل (3): رسم تخطيطي يوضح مرحلنا النمو (a) والالتحام (b) من مرحلة نمو

الأغشية الرقيقة [7]فق لوحظ تجريبيا ظهور ثلاثة أنماط لنمو الطبقات الرقيقة وهي: نمط نمو ثنائي الأبعاد (2) وفي هذا النمط يتم ترسيب الذرات طبقة بعد طبقة على الركيزة ويدعى عادة بنمط (Frank- Van der Merwe) ثم يليه نمط نمر ثلاثي الأبعاد (D3) وفيه تنمو الطبقات الرقيقة على شكل مجموعات ويسمى نمط (Weber Voimer-) وأخيرا نمط المختلط و يسمى عادة نمط (Stranski Krastanov-) وهو عبارة عن مزيج بين النمطين السابقين



شكل رقم (4) رسم تخطيطي لمختلف انماط نمو الطبقات الرقيقة

الفصل الثاني

الطرق الفيزيائية لتحظير

الاغشية الرقيقة

(2-1) طرق تحضير الأغشية الرقيقة

يوجد كثير من الطرق لتحضير الأغشية الرقيقة ويمكن تقسيمها إلى قسمين كل قسم يندرج تحته عدة طرق لتحضير الأغشية الرقيقة

1- الطرق الفيزيائية

2- الطرق الكيميائية

وتعتمد الطرق الفيزيائية على تبخير أو طرد المواد من الاهداف مباشرة خلال حالتها الغازية وتعتمد الطرق الكيميائية على الخصائص الفيزيائية للمواد وتتنوع هذه الطرق في إنتاج الأغشية الرقيقة مختلفة التركيب والخصائص والتي من الممكن ان تكون عاملا رئيسيا في تطور الأجهزة الحديثة وأيضاً تعتمد الطرق الكيميائية على التفاعلات الكيميائية التي تحدث للمواد وعندما نبحث في تصنيف الطرق الكيميائية نجد أنه من الممكن تقسيمها إلى قسمين أول قسم معنـي بتشكيل الفيلم كيميائياً من الوسط والقسم الثاني معني بتشكيل الفيلم من المكونات المضافة للوسط[2]

(2-2)الطرق الفيزيائية Physical Processes:

ا. الترسيب بالتبخير (Physical Vapour Deposition) (PVD)

و هذه الطرق تتم على ثلاث مراحل

1) تحويل المادة المراد عمل الفيلم منها إلى بخار فيزيائياً

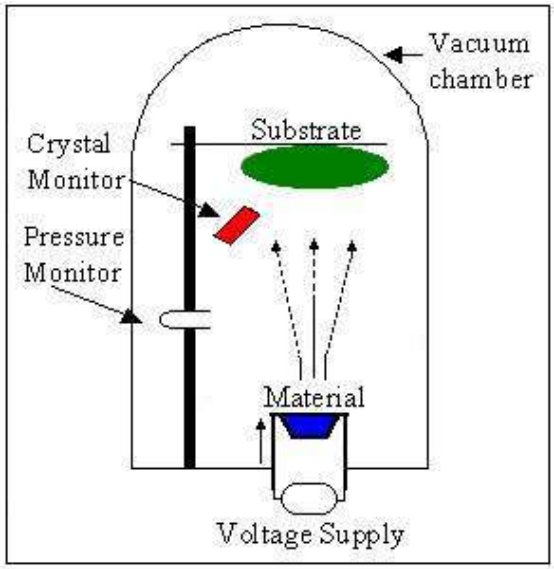
2) تنتقل الذرات من المادة وهي في الحالة البخارية خلال وسط مفرغ إلى الركائز مباشرة

3) بتكثف البخار على الركيزة (Substrate) لتكرين الفيلم

تتم عملية تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية من خلال تسخين المادة فتكتسب الجزيئات التي على السطح طاقة حركة من الحرارة أو يتم عن طريق انتقال لكمية التحرك كما في طرق لترديد (Spuller) ويوجد نوع ثالث وفيه الكتل المادة إلى الحالة الغازية عن طريق ما يسمى زيادة الطاقة السطحية (Augmented energy) وتشمل الأيون والبلازما و لليزر. [4]

ا. طريقة التبخير الحراري Technique Evaporation Technique

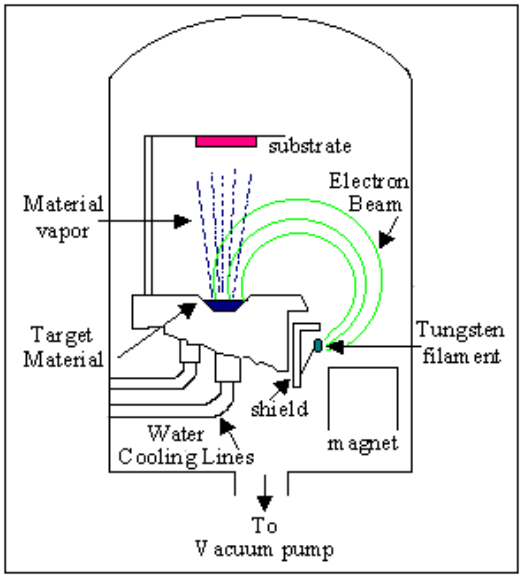
وفي هذه الطريقة يتم وضع المادة المراد ترسيبها داخل بوتقة (baat) على شكل حويض ويربط الحويض مع قطبين متصلين بمصدر للتيار الكهربي يصل إلى 80 أمبير كما توضع الركائز التي سوف تبخر عليها المادة أعلى الحريض مدشرة ثم تفرغ المجموعة إلى ضغط يصل إلى 10^{-5}ثور ويتم هذا التفريغ عن طريق مضختين مضخة دوارة (rotary purp) والتي تحدث الخفض في الضغط يصل إلى 10^{-3}تور ومضخة أخرى تسمي مضخة الزيت (diffusion pump) ويصل انخفاض الضغط إلى 10^{-5}أنور ويمكن في هذه المنظومة خفض الضغط أكثر من ذلك وذلك عن طريق استخدام لهليوم و الهيدروجين السائل



ب طريقة التبخير بواسطة المدفع الالكتروني Electron-heam gun evaporation

إن هذه الطريقة مشابهة لطريقة التبخير الحراري(Thermal evaporation اي انة في هذه الطريقة أيضاً يتكون الفيلم عن طريق التبخير ولكن هنا تتبحر المادة بواسطة حزمة من الالكترونات توجه بواسطة مجال مغناطيسي مباشرة وتتميز هذه الطريقة عن طريق التبخير الحراري حيث أنه يمكن أن تضاف الحرارة مباشرة إلى المادة لكي تصل إلى درجة الانصهار في لحظة واحدة مرة واحدة ويمكن تبخير أكثر من مائة في نفس الوقت حيث أن الحرارة تضاف مباشرة إلى المادة دون المرور على البوتقة (crucible) الحاوية المادة مما يقلل درجة الشوقب أكثر مما كانت عليه في حالة التبخير الحراري و برجه شعاع الالكترونات

المنتج من جهد عالي جدا بواسطة عدة مغناطيسيات قوية وتركز على المادة حيث أن شعاع الالكترونات يخترق المادة مؤدية إلى انصهارها



(3-2)مشاكل النسب المتكافئة (Stolehiometric) للمركبات عند التبخير:

1) المركبات تحدث لها انكسار (breakdown) عند درجات الحرارة المرتفعة

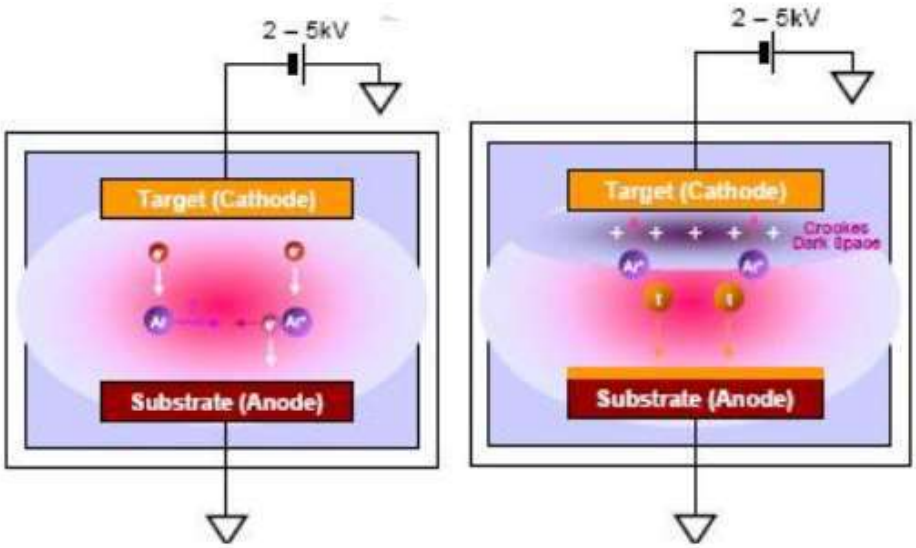
2) كل مركب له ضغط تبخير خاص به مما يجعل معدل التبخير مختلف مما يؤدي إلى عدم تساري نسب التكافؤ في المركب عندما يكون فيلم بالمقارنة بالمادة (Bulk)

(4-2) طريقة الترتيذ Sputtering Methael

في هذه الطريقة تتعرض سطح مادة معينة إلى القدف بجسيمات الحمل طاقة كافية لفصل ذرات من سطح المادة وجعلها تغادر السطح مسببة تأكل سطح الهدف وتدعى الذرات المتصلة بالذرات المترذذة. وتنقسم الى عدة طرق هي

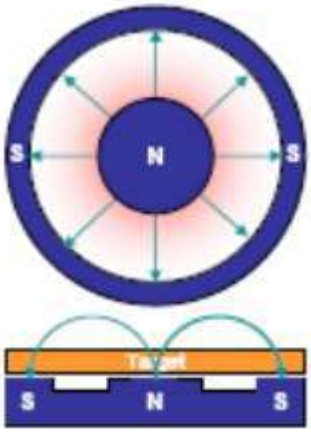
1-De Diode Sputtering Deposition.

في هذه الطريقة توضع المادة المراد تبخيرها ككاثود وتوضع الركيزة (Substrate) كانون وتوضح في غرفة تفريغ بها غاز الأركون Ar ويطبق فرق جهد عالي (2-5 كيلو فولت) من مصدر جهد ثابت (Dc) عبر الدايو: (-cathode Anode) وتتسارع الالكترونات الحرة الموجودة بغرفة التفريغ بعمل فرق الجهد العالي وهذه الالكترونات تعمل على إثارة وتاين غار الأركون. eldctron بتسارع ويكرر نفس الخطوة السابقة ليوين ذرة أرجون أخرى و عندما تزيد 2^{nd} الالكترولات إلى درجة كبيرة تعمل (gas brakdown) هده الشرارة الكهربية (plasma)تعمل على ترديد العـادة ويترسب الفيلم على الشريحة (الركيزة)



2-DC Magnetron Sputtering

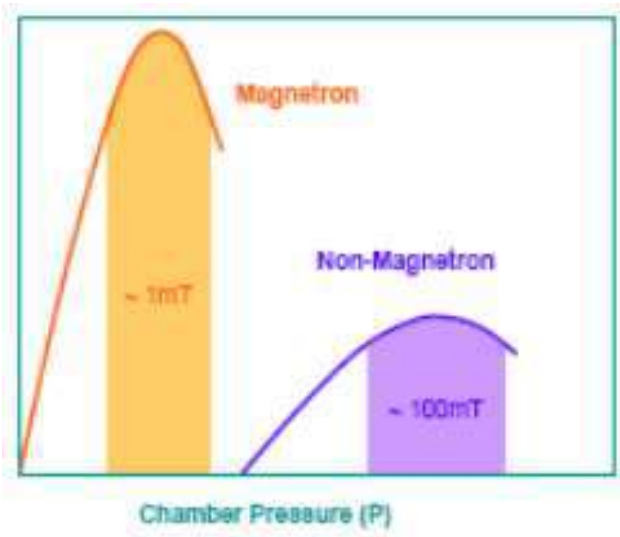
هي نفس الطريقة السابقة ولكن تختلف عنها في كون أن الالكترونات تتسارع بفعل مـجـل مغناطيسي كس بالشكل وتتميز هذه الطريقة عن الطريقة الأولى DC Diode بأنها تحتاج إلى ضغط منخفض قل وينتج معدل ترسيب أكبر



مقارنة بين DC Magnetron & DC diode

1) معدل الترسيب (deposition rate) في حالة DC Magneton أكبر بمائة مرة عن DC

2) تحتاج إلى خفض الضغط أقل بعثة مرة من DC Diode

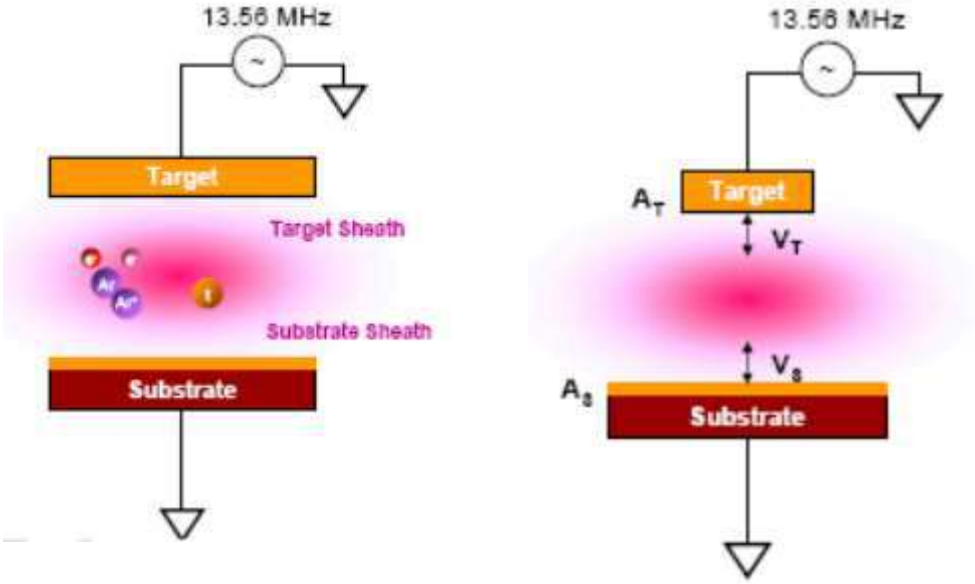


RF (Radio Frequency) Sputtering-3

لا نستطيع استخدام الطريقتين السابقتين (DC) للمواد العزلة لأنه في DC لا بد أن يكون الهدف موصل لكي يستخدم ككاثود ولكي نتغلب على هذه المشكلة بالنسبة للعوازل نستخدم AC Power عندما يكون التردد أقل من < 100 كيلو هرتز فإن كلا من الالكترونات والأيونات تستطيع المرور والسريان

DC Sputtering

وعندما يكون التردد أكبر من > 1 ميجا هرتز فين الأيونات الثقيلة لا تستطيع التنقل وملاحقة التغير في التردد مما يجعلها تكون منطقة جهد تسمى Dark-Space (shenth) عند الاقطاب كما بالشكل ويكون النسبة بين الجهدين المتكونين



مقارنة بين Evaporation & Sputtering

التبخير Evaporation	الترذيذ Sputtering
لذرات لها علاقة منخفضة(0.01ev)	الذرات والأيونات لها طاقة مرتفعة (1-10) الفيلم السكون يكون أكثف (denser) حجم الحبيبات أصغر small grain التصاق الفيلم بالركيزة اكبرsire
تحتاج إلى تعريف علي نسبة الشوائب في الفيلم منخفضة جدا	لا تحتاج الى تفريغ عالي الافلام و المكونة لها نسبة شوائب عالية
المصدر يكون عبارة عن نقط مركز وينتج السلام فترة التجانس	المصدر يكون عبارة عن لوح متوازي وتنتج افلام متجانسة
المركبات لها معدلات ترسيب مختلفة مما يجعل كلstoichiometry فقيرة	كل المركبات لها نفس معدل ترسيب مما ينتج افلام عالية

(5-2) نظرية عملية الطلاء الدوار

يعد طلاء السبين طريقة سريعة وسهلة لتوليد أغشية عضوية رفيعة ومتجانسة من المحاليل. طلاء السبين هو إجراء يستخدم لتطبيق أغشية رقيقة موحدة على ركائز مسطحة. باختصار ، يتم وضع كمية زائدة من المحلول على الركيزة ، والتي يتم تدويرها بعد ذلك بسرعة عالية من أجل نشر السائل بواسطة قوة الطرد المركزي. تسمى الآلة المستخدمة لطلاء السبين المغلف بالدوران. تم وصف هذه الطريقة لأول مرة بواسطة Emslie et al. (1958) ومايرهوفر وآخرون. (1978) باستخدام عدة تبسيطات. لى الرغم من أن طلاء السبين قد تم استخدامه عالميًا في صناعة أشباه الموصلات منذ فترة طويلة ، إلا أنه لم يتم الشروع في أي دراسة نظرية. ستسمح النظرية الدقيقة لطلاء السبين بتصميم أفضل والتحكم في العملية في تطبيقاتها المختلفة. أظهرت عقود من الإنتاج الصناعي أن ترسبات أغشية مقاومة الضوء الرقيقة ، والتي تشكل الاستخدام الرئيسي لعملية طلاء السبين ، يتم التحكم فيها بشكل شبه كامل. ومع ذلك ، من المحتمل أن يكون أي تقدم في تطوير النماذج الرياضية أكثر فائدة في حالة الأغشية العازلة المقاومة للحرارة (البولي أميد أو المواد الأخرى). على عكس مقاومات الضوء التي غالبًا ما تكون مواد ذات وزن جزيئي منخفض مذابة في مذيبات منخفضة الغليان بتركيز منخفض ، فإن سلائف البوليميد عبارة عن بوليمرات عالية الوزن الجزيئي. يتم توفير هذه المواد في مذيبات عضوية تغلي عند درجات حرارة قريبة من 200 درجة مئوية عند التركيز ، بمستويات (10-20٪) حيث لا يمكن إهمال السلوكيات غير النيوتونية. وهذا يعني أن النماذج التحليلية للسبين ستعتمد على معادلة معقدة تأخذ في الاعتبار عددًا من المعلمات الفيزيائية.[11]

عمل طلاء الدوران:

يمكن نمذجة فيزياء طلاء السبين بشكل فعال عن طريق تقسيم العملية برمتها إلى أربع مراحل موضحة في الشكل 1 ، وهي ترسيب المذيبات وتدويرها وفصلها وتبخرها. عادةً ما تكون الثلاثة الأولى متسلسلة ، ولكن عادةً ما يتداخل التبخر والانبعاث. المرحلة 3 (التحكم في التدفق) والمرحلة 4 (التحكم في التبخر) هما المرحلتان اللتان لهما أكبر تأثير على سمك الطلاء النهائي.[11]

أ. إيداع : خلال هذه المرحلة ، يُسمح للمحلول بالسقوط على ركائز دوارة من الزنبركات الدقيقة ويتم تسريع الركيزة إلى السرعة المطلوبة. يحدث انتشار المحلول بسبب قوة الطرد المركزي ويتم تقليل الارتفاع إلى الارتفاع الحرج.

هذه هي المرحلة التي يتم فيها توصيل فائض من السائل ليتم تغطيته بسطح الركيزة التي يكون جزء منها مغطى أو "مبلل" على الفور. في هذه المرحلة يمكن ترسيب السائل بطرق مختلفة (أ) كمطر غزير يغمر القرص بأكمله ؛ (ب) كبلعة في المركز أو حول محيط الثقب إذا تم قطع المركز ، ثم ينتشر السائل على بقية القرص ، أو (ج) كتيار مستمر في المركز ، أو على طول الطريق حول المحيط الداخلي ، يتدفق السائل بعد ذلك إلى الخارج على القرص بأكمله ، أو (د) كتيار مستمر من منفذ توصيل مرتفع يتحرك بشكل عنصري فوق القرص. بغض النظر عن الطريقة المستخدمة ، فإن كمية السائل المودعة من خلال الإفراط محدودة وتنتهي هذه المرحلة عند توقف التسليم.[11]

ب. دوران: المرحلة الثانية هي عندما يتم تسريع الركيزة إلى سرعة الدوران النهائية المطلوبة. تتميز هذه المرحلة عادةً بطرد السوائل العدواني من سطح الرقاقة بواسطة حركة الدوران. بسبب العمق الأولي للسائل على سطح الرقاقة ، قد تكون الدوامات الحلزونية موجودة لفترة وجيزة خلال هذه المرحلة ؛ قد تتشكل هذه نتيجة للحركة الملتوية الناتجة عن القصور الذاتي الذي يمارسه الجزء العلوي من طبقة السوائل بينما تدور الرقاقة أدناه بشكل أسرع وأسرع. في النهاية ، يكون السائل رقيقًا بدرجة كافية بحيث يكون متناوبًا بشكل كامل مع الرقاقة ويختفي أي دليل على وجود اختلافات في سماكة السائل. في النهاية ، تصل الرقاقة إلى سرعتها المرغوبة ويكون السائل رقيقًا بدرجة كافية بحيث يوازن سحب القص اللزج تمامًا تسارع الدوران. ج. تدفق مستقر للسوائل: المرحلة الثالثة هي عندما تدور الركيزة بمعدل ثابت وتسيطر القوى اللزجة للسائل على سلوك ترقق السوائل. تتميز هذه المرحلة بضعف تدريجي للسوائل. يكون ترقق السوائل متجانساً بشكل عام ، على الرغم من وجود محاليل تحتوي على مذيبات متطايرة ؛ غالبًا ما يكون من الممكن رؤية ألوان التداخل "تتلاشى" ، ويتم القيام بذلك بشكل تدريجي بشكل أبطأ حيث يتم تقليل سماكة الطلاء. غالبًا ما تُرى تأثيرات الحواف لأن السائل يتدفق بشكل موحد إلى الخارج ، ولكن يجب أن يشكل قطرات عند الحافة ليتم قذفها. وبالتالي ، اعتمادًا على التوتر السطحي ، واللزوجة ، ومعدل الدوران ، وما إلى ذلك ، قد يكون هناك فرق صغير في سماكة الطلاء حول حافة الرقاقة النهائية. تُظهر المعالجات الرياضية لسلوك التدفق

أنه إذا أظهر السائل لزوجة نيوتونية (أي خطية) وإذا كانت سماكة المائع موحدة في البداية عبر الرقاقة (وإن كانت سميكة إلى حد ما) ، فسيكون المظهر الجانبي لسمك المائع في أي وقت لاحق منتظمًا أيضًا.[11]

ج - تبخر: عندما تنتهي المرحلة العرضية ، تبدأ مرحلة تجفيف الفيلم. خلال هذه المرحلة يتوقف تدفق الطرد المركزي ويكون الانكماش الإضافي بسبب فقدان المذيبات. ينتج عن هذا تكوين غشاء رقيق على الركيزة. المرحلة الرابعة هي عندما تدور الركيزة بمعدل ثابت ويهيمن تبخر المذيب على سلوك ترقق الطلاء. في هذا ، يعتمد معدل التبخر على عاملين (أ) الاختلاف في الضغط الجزئي (في الواقع الجهد الكيميائي) لكل نوع من أنواع المذيبات بين السطح الحر للطبقة السائلة والجزء الأكبر من الغاز المتدفق في مكان قريب. أثناء مرحلة التبخر ، قد تنمو المواد الصلبة العالقة أو الذائبة مركزة جدًا على سطح السائل لتكوين طبقة لزوجة عالية ، أو طبقة انتشارية منخفضة أو قشرة صلبة[11]

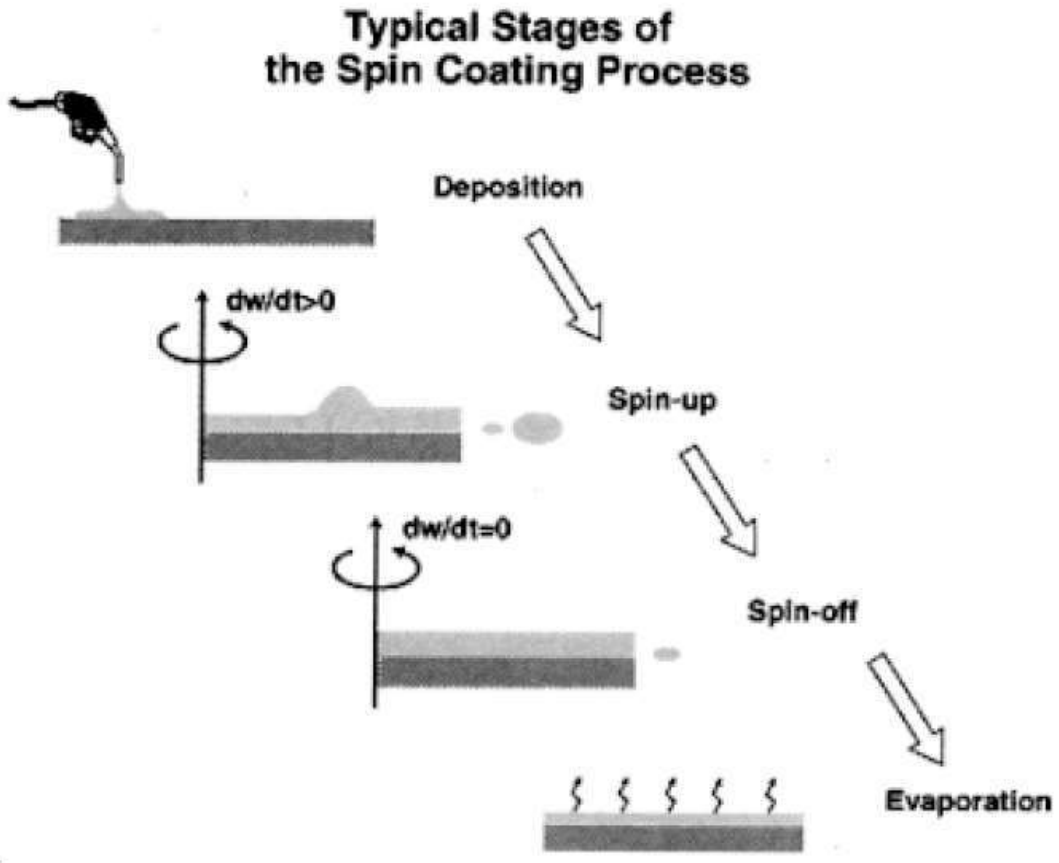


Figure 1. Key stages of spin coating process.

(6-2) مميزات الطرق الفيزيائية:

ا) تحضير الأفلام وهي جالة

2) عالية النقاء ونظيفة

3) تلاءم أشباه الموصلات في تصنيع الدوائر المتكاملة[2]

(7-2) عيوب الطرق الفيزيائية

1)معدلات ترسيب بطيئة

2)يصعب التحكم في التوافق

3)تلزم طاقة عالية مما يرفع التكلفة[4]

الفصل الثالث

قياس الاغشية البصرية

(1-3)قياس سمك الأغشية الرقيقة Thin Films Thickness Measurements

ان سمك الغشاء هو العامل الأكثر أهمية بالنسبة للغشاء في تحديد مدى صلاحيته لدراسة خواصه البصرية والكهربائية. وقد استخدمت طرق كثيرة في قياس سمك الأغشية الرقيقة سنكتفي هنا بتوضيح الطريقة الوزنية والتي تم اعتمادها في هذه الدراسة بالإضافة إلى طريقة التداخل الضوئي (طريقة تولانسكي) والتي استخدمت لقياس سمك بعض الأغشية للتأكد من دقة الطريقة الوزنية.

أ. الطريقة الوزنية Gravimetric Method حيث ان :

استخدمت طريقة الوزن لقياس سمك أغشية أوكسيد الكادميوم CdO وأوكسيد النحاس (Cu وأغشية مزيج المادتين ، واستخدم لهذا الغرض ميزان إلكتروني حساس نوع (Mettler HK - 160) ذو حساسية $(10^4 gm)$ حيث اتبعنا الاسلوب التالي لقياس سمك الأغشية ، توزن القاعدة الزجاجية النظيفة قبل ترسيب مادة الغشاء عليها لاستخراج كتلة القاعدة ، ثم يعاد وزنها مرة أخرى بعد ترسيب الغشاء عليها لاستخراج كتلة القاعدة وكتلة مادة الغشاء. ومن فرق الوزن نستخرج كتلة مادة الغشاء فقط. وبقياس ابعاد الغشاء نستطيع حساب سمك الغشاء المحضر بتطبيق العلاقة الآتية [9]

$$t = \frac{m}{l.w} \dots\dots (1)$$

t : سمك الغشاء المحضر.

m : كتلة مادة الغشاء.

W, l: طول وعرض الغشاء.

p: كثافة مادة النشاء.

هذا ما يخص أغشية CdO و CuO ، اما قياس سمك أغشية مزيج المادتين فيتم حساب كثافة مادة الغشاء من كثافة المواد الممزوجة وفقا للطريقة الآتية م للمزيج كثافة مادة CdO × نسبتها في المزيج+كثافة مادة Cu0 * نسبتها في المزيج وبغية التأكد من دقة الطريقة الوزنية المستخدمة في قياس سمك الأغشية المحضرة تم قياس سمك بعض الأغشية بطريقة (تولانسكي).

ب- طريقة تولانسكي (التداخل الضوئي) Tolansky Method

بعد Tolansky, Wiener أول من استخدم هذه الطريقة لقياس سمك الأغشية الرقيقة ، وتعتمد على مبدأ التداخل الضوئي (Interference) حيث يرسب الغشاء على القاعدة الزجاجية ويتم بعد ذلك عمل حزوز حادة وبمسافات متساوية على الغشاء ثم ترسب طبقة من الألمنيوم عالية الانعكاسية بحيث تغطي مساحة القاعدة تماما وبسمك

(2000A°) وكذلك ترسب طبقة المنيوم نصف شفافة على قاعدة أخرى فارغة وبسمك (1000A) بحيث تسمح بمرور 50 % من الضوء الساقط عليها وتعكس الباقي وتدعى بالصفيحة الضوئية (Optical plate) ، ثم تطبق الصفيحة على الغشاء المراد قياس سمكه (القاعدة الأولى) ، بحيث تكون الفجوة الهوائية بينهما أقل ما يمكن ، ويثبتان سوية على قاعدة مقابلة لعدسة مكرسكوب مثبت على قدمة قياس متحركة وكما في الشكل (1)، ويسلط ضوء احادي اللون مثل ضوء الصوديوم طوله الموجي(5895 A°) بصورة عمودية على الغشاء ، تتولد أهداب واضحة وحادة وتدعى أهداب فيزو (Fizu frings) ، وباستخدام المكرسكوب المتحرك نستطيع قياس عرض الهدب أو ازاحة الهدب Ax والمسافة بين هدبين متتاليين . وكما موضح في الشكل (2) حيث تؤخذ القياسات لعشرة أهداب ومنها يؤخذ المعدل للهدب الواحد، ويقاس سمك الغشاء (T)

حسب العلاقة الآتية

$$t = \frac{\lambda \Delta x}{2x}$$

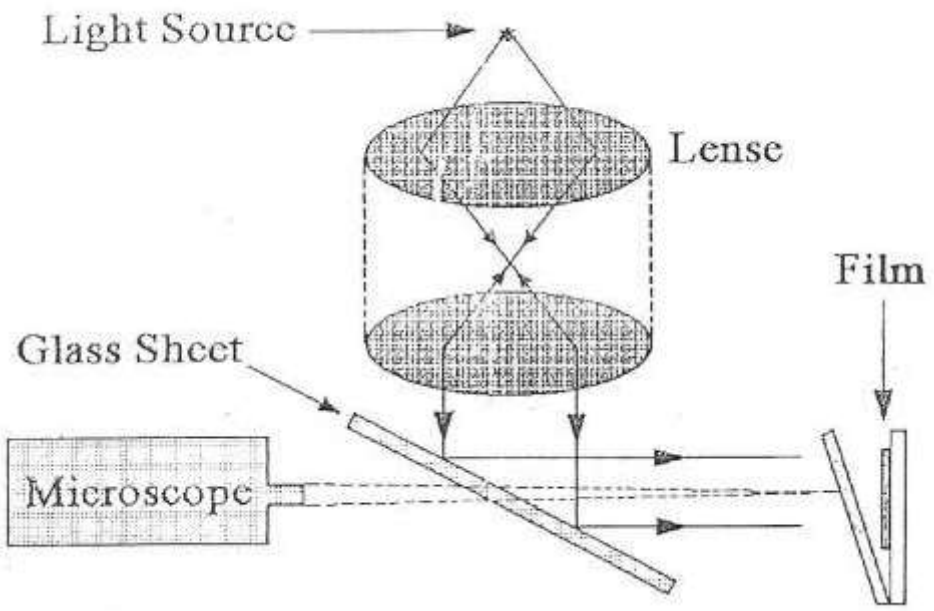
حيث ان :λ : الطول الموجي للضوء الساقط.

Δx: مقدار الازاحة للهدب (عرض الهدب).

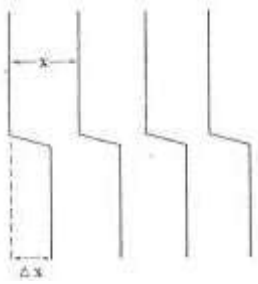
x : المسافة بين هدبين متتاليين.

2-3 القياسات التركيبية Structural Measurements

من خلال دراسة نمط حيود الأشعة السينية (X.R.D) لأي مادة يمكن التعرف على التركيب البلوري لهذه المادة ، حيث يتم التعرف على مواقع القسم (peaks) والتـي تظهر عند تسليط حزمة من الأشعة السينية وبزوايا معينة على سطح المـادة نتيجـة لانعكاسها عن السطوح البلورية المتوازية ، حيث يحصل تداخل بناء لموجات الأشـعة



شكل رقم (1)يوضح مخطط إيجاد سمك الغشاء بواسطة تجربة التداخل الضوئي



شكل رقم (2) مخطط اهداب فيزو

السيئية المنعكسة عند توفر الشروط التي تحقق قانون براك (Bragg law) والذي يعطى بالعلاقة : حيث ان :

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

n : عدد صحيح.

d : المسافة بين سطحين متعاقبين.

λ: الطول الموجي.

θ: زاوية سقوط أو انعكاس حزمة الأشعة السينية لسطح ذري معين. لقد تم في هذه الدراسة تشخيص حيود الأشعة السينية للأغشية الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري ولمدى من الزوايا (° 60 - 200 =θ 2) لأجل معرفة تركيبها البلوري، وقد استخدم جهاز حيود الأشعة السينية من نوع

(X-ray Diffraction And Diffractometry- PHILIPS)

بالمواصفات الآتية :Cuk : Source ,

Current : 20 mA.

Voltage: 40 kV.

Wavelength : 1,5405 A5,

Range: 400 Count/sec..

Radiation Ni Filter.

3-3 القياسات البصرية Optical Measurement

تعتمد الخواص البصرية للأغشية الرقيقة على مادة الغشاء وسمكه وظروف تحضيره ، هذه العوامل مسؤولة عن إظهار خواص أغشية أشباه الموصلات كحافة الامتصاص البصري (Optical absorption edge) ومعامل الامتصاص البصري (Optical absorption coefficient) إذ تعتمد هذه الخواص على امتصاص المادة للأشعة الساقطة عليها ومقدار نفاذية تلك الأشعة منها وانعكاسها عن سطحها. تم قياس أطياف الامتصاصية والنفاذية للأغشية ضمن مدى الأطوال الموجية (المرئية / فوق البنفسجيةnm 330-900) باستخدام جهاز قياس الطيف (UV / Visible Spectrophotometer UV - 210) والمنتج من قبل شركة (Shimadzu) اليابانية حيث تم تسجيل قيم الامتصاصية والنفاذية للأغشية عند الأطوال الموجية المذكورة أعلاه ، وذلك بتسليط حزمتين ضوئيتين (two beams بالأطوال الموجية المطلوبة في شباكي المرجع (Reference) والعينة (Sample. حيث يوضع الغشاء المرسب على القاعدة في شباك العينة وتوضع قاعدة أخرى فارغة في شباك المرجع وبذلك يتمكن الجهاز من قياس امتصاص الغشاء فقط بعد طرح أو الغاء امتصاص القاعدتين من بعضهما، ونظرا لعدم توفر وسيلة عملية مناسبة لتحديد قيم انعكاسية الغشاء توجب استخدام طريقة عملية لالغاء تأثير الانعكاسية والتي استخدمت في العديد من البحوث السابقة حيث تحسب امتصاصية A غشاءين لنفس المادة مختلفتين بالسمك ، إذ يتم تسجيل امتصاصية الغشاء الأول ذو السمك القليل A1 الموضوع في شباك العينة وبوجود القاعدة الفارغة في شباك المرجع وبعد الانتهاء يوضع بدله الغشاء الثاني ذو السمك الكبير في شباك المينة مع بقاء نفس القاعدة الفارغة في شبك المرجع وعندها يتم تسجيل امتصاصيته :A. ونتيجة لاختلاف السمك فان امتصاصية الغشائين ستكون مختلفة وبطرح امتصاصية الغشاء الأول من الثاني $(A - A_1)$ تنتج قيمة معينة للامتصاص (AA) مطروحة منها قيمة العكاسية Rالغشائين باعتبار R متساوية لكلا الغشامين لأن الانعكاس يحدث من سطح المادة فقط ولا يتاثر بمقدار سمكها وقد أجريت القياسات البصرية لأغشية اوكسيد الكادميوم CdO واوكسيد النحاسCuO وأغشية المزيج بالطريقة المذكورة في أعلاه.[18]

الفصل الرابع

استخدامات وتطبيقات الاغشية الرقيقة

(4-1)استخدامات الأغشية الرقيقة

امتد استخدام الأغشية الرقيقة إلى العديد من التطبيقات وسوف نطرح وصفاً موجزاً لبعض هذه التطبيقات حول كيفية تطبيق الأغشية الرقيقة في الحياة [10]

اليومية

1- فيلم رقيق لمنع التأكل:

غالباً ما يتم طلاء المواد مثل المجوهرات وساعات المعصم والسكاكين لتجنب التآكل. تعتبر طلاءات نيتريد التيتانيوم TIN فعالة للغاية في إنشاء ميزة على أدوات القطع وإضفاء الصلابة ومعاملات الاحتكاك المنخفضة، فتستخدم المعلان مثل الكروم والزنك بشكل شائع للطلاء لمنع التآكل.

2- فيلم رايق في أشباه الموصلات

أجهزة أشباه الموصلات وكذلك الدوائر المتكاملة مصنوعة من مجموعة من الأغشية الرقيقة من المواد الموصلة والشبه موصلة وكذلك المواد العازلة. يتم ترسيب الأغشية الرقيقة على ركيزة مسطحة جدا عند عمل دائرة متكاملة، غالباً ما تكون مصنوعة من السيليكون أو كربيد السيليكون. بعد ذلك يتم ترسيب طبقة من الأغشية الرقيقة المصممة بعناية فوق هذه الركيزة - والتي تعرف أيضا باسم "الرقائق"، بينما يتم نقش كل طبقة بعنية باستخدام تقنيات الطباعة الحجرية مما يسمح بتصنيع عدد كبير جداً من الأجهزة النشطة والسلبية في نفس الوقت. يتم تصنيع كل جهاز صغير بدوره من الترابط بين طبقات الأغشية الرقيقة المرسبة بشكل مختلف، ويتم التحكم في الترابط بين الأجهزة المختلفة عن طريق استخدام طبقات معدنية رقيقة، وعادة ما تكون مصنوعة من الألومنيوم أو النحاس. أدت هذه التقنية إلى إمكانية تصغير العديد من أجهزة أشباه الموصلات الأساسية

مثل FETS BITS و MOSFETS والصمامات الثنائية والتي بدورها سمحت بتصنيع أجهزة الكمبيوتر الحديثة والذكريات والدوائر المتكاملة عالية الأداء

3- الأغشية الرقيقة في الإلكترونيات الضوئية

باستخدام تقنيات مشابهة لتلك المستخدمة في تصنيع الدوائر المتكاملة، أصبح تصنيع بعض الأجهزة المهمة جدا في الحياة نيوم ممكنا أجهزة OLED LED للإضاءة، تطبيقات العرض، شاشات الكريستال السائل وأجهزة استشعار CMOS لكاميرات الفيديو. بشكل ملحوظ تسمح تقنية الأغشية الرقيقة أيضا بترسيب الأغشية الشفافة الموصلة كهربائياً، على سبيل المثال غالبا ما تستخدم الطلاءات المصنوعة من أكسيد القصدير - الإنديرم (ITO) في شكل أقطاب كهربائية موصلة للكهرباء وشفافة. كما تم استخدام تقنية الأغشية الرقيقة لإنتاج البطاريات ذات الأغشية الرقيقة التي يتم إدخالها بعد ذلك في الرقائق.

4-الأغشية الرقيقة في الخلايا الشمسية

الأغشية الرقيقة في الخلايا الشمسية تعد هي الجيل الثاني من الخلايا الشمسية، والتي تعتمد على تصنيع الخلايا الشمسية من طبقات متعددة من مواد كهروضوئية (تمتص الطاقة الضوئية وتحولها لطاقة كهربية) وتعد أبرز المواد المستخدمة في صنع الخلايا الشمسية كيلوري الكلاميوم CdTe)) أو سيلينيدات نحاس انديوم جاليوم CIGS)) وقد تم بالفعل اقتراح خلايا الجيل الثالث الشمسية والمعتمدة كذلك بصورة ما على الأغشية الرقيقة.

(4-2)تطبيقات الأغشية الرقيقة:

أولا على الرغم من أن تقنية الأغشية الرقيقة معروفة منذ قرن إلا أنها لم تدخل حيز التطبيق العلمي إلا منذ أربعة عقود مضت حيث أن اهتمام العلماء بتقنية الأغشية الرقيقة أنام فرص تطورها بشكل كبير. التطور السريع في مجال الحاسوب أدى إلى الحاجة إلى مواد ذات سعة تخزين عالية مما زاد الاهتمام بدراسة الخواص المغناطيسية للأغشية الرقيقة حيث أن العلماء اهتموا بهذه التقنية لإيجاد مواد عالية القدر التخزينية لتلبي حاجة السوق

العالمي. وأدى البحث في الخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة إلى تصنيع أجهزة الكشف التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء وتضيع الخلايا الشمسية والأفلام فائقة التوصيل والطلاءات الزخرفية المضادة للتأكل.

ثانيا: فضلاً عن توليد الأفكار الجديدة لصنع أجهزة جديدة، كان الأساس في البحوث هو فهم الخواص الفيزيائية لهذه الأغشية الرقيقة، مما أمنهم ذلك بدوره في زيادة القدرة على صنع أجهزة ذات خصائص يمكن التنبؤ بها. حيث أن المؤثرات لها دورها الأساسي في تغير خصائص الأغشية الرقيقة مثل نوع الركائز التي ترسب عليها الأفلام وكذلك الطريقة التي تستخدم في تحضير الأفلام والمعالجة الحرارية للأفلام التحضير كل هذا ينتج عنه أفلام لها خصائص مختلفة وجديدة والتي يمكن الاستفادة بها في تصنيع أجهزة جديدة.

ثالثا: أن بداية البحث في تقنية الأغشية الرقيقة والبحث عن مواد أخف في الوزن لاستخدامها في مجال الدفع والقضاء كانت باهظة التكاليف ولكن الاتجاه الحديث هر البحث عن أغشية رقيقة رخيصة الثمن والتي من الممكن استخدامها في مجالات القطاع المنزلي والأفلام الرقيقة من المواد تستخدم في العديد من التطبيقات مثل الأجهزة الالكترونية من أشباه الموصلات والاتصالات اللاسلكية والدوائر المتكاملة والمقومات والترانزستورات والخلايا الشمسية والثنائيات الباعثة للضوء وفي شاشات العرض وفي الذاكرات المغناطيسية وأنظمة الصوت والفيديو والأقراص المدمجة والطلاءات البصرية والمكثفات متعددة الطبقات والنواف الذكية ورقائق الكمبيوتر... الخ. ومن هذه التطبيقات [10]

1-الطلاءات البصرية(Optical Coating) :

إن الطلاء الضوئي هو عبارة عن طبقة أو عدة طبقات من المادة ترسب على ركائز مثل العدسات والمرايا التي تغير من انعكاسها وتفانيتها للضوء. وأحد أنواع هذه الطلاءات يعتمد على جعل المادة غير عاكسة وهذا النوع يستخدم غالباً في العدسات أما النوع الآخر من هذه الطلاءات فإنه يزود نسبة انعكاس المراد لتصل إلى 99.99% وهذا النوع يستخدم في المرايا والمرشحات .

2-الخلايا الفوتوفولتيةPhotovoltic cells

في لوحة الطاقة الشمسية المألوفة يتم تحويل الطاقة الضوئية (طاقة الفوتونات الساقطة) إلى طاقة كهربية وذلك في خلية تحتوي على طبقتين رقيقتين من السيلكون البللورية. وكان الاتجاه إلى استبدال السيلكون البللوري حيث أنه مكلف جدا بالسيلكون الأمورفي وبالخلايا رخيصة الثمن مما أدى العلماء إلى البحث عن مواد أخرى عضوية وصناعة الخلايا الفوتوفولتية منها وذلك بترسيب عدة طبقات بدل

من طبقتين لإنتاج الطاقة الكهربية وبإنتاج هذه الخلايا منخفضة التكلفة سوف يكون بمناسبة نقطة انعطاف كبرى في سوق صناعة الخلايا الشمسية مما يجعل المرحلة أكثر نضجا ونموا .

3-أشباها لموصلاتSemiconductors:

تاريخياً اعتمدت صناعة أشباه الموصلات على شرائح رقيقة ثنائية الأبعاد ومسطحة والتي بدورها تستخدم في الدوائر الالكترونية لجميع الأجهزة الالكترونية والكمبيوتر. وهذا العشاء الرقيق جدا (يصل سمكه إلى بضع مئات من النانومترات) تصنع من المواد الزجاجية أو البلاستيكية المرنة فتح مجالاً واسعا أمام صناعة الالكترونيات. وبالإضافة لذلك رقة هذه المواد جعلت منها مكاناً مناسباً لترسيب مواد أخرى عليها مما يضاعف عدد الدوائر الالكترونية في حجم صغير جدا مثل الدوائر المتكاملة والتي لا يتعدى حجمها إلى بضع سنتيمترات وبها آلاف الدوائر الالكترونية، وصغر حجمها يجعلها منخفضة استهلاك الطاقة ويتيح تصنيعها في ثلاثة أبعاد. وتستخدم تقنية أغشية رقيقة من أشباه الموصلات في تطبيقات أخرى مثل: صناعة الخلايا والبطاقات الذكية وفي العديد من المجالات الطبية، والأغشية

الرقيقة ، السيلكون أو الجرمانيوم شبه الموصل هي مثيرة للاهتمام بشكل خاص حيث أن الجرمانيوم له ثورة عالمية على اختصاص الصرء أكثر من السيلكون مما يجعله أكثر استخداما في الكاميرات الضوئية العالية النقاء والمنخفضة التكاليف .

4-الخلايا الكهروضوئية الكيميائية:Cells Photo Electrochemical

في تجارب photoelectrichmical يتم تشعيع الالكترون بالضوء مما يجعل المادة تمتص الضوء وتعطي تيار كهربائيا، (photocurrent) واعتماد هذا التيار الكهربي على الطول الموجي للضوء الساقط وعلى فرق الجهد بين الأقطاب و على محلول التوصيل يعطينا فكرة عن طبيعة .(photoprocces) وتتم عملية التحلل الضوني على سطح الأقطاب الكهربية. وبذلك تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية ويمكن الاستفادة منها في التطبيقات العملية .

5-العدسات الالكترونية: Optoelectronic Lenses

هذه العدسات مصممة بحيث أنها تعمل في مدى جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي ولا تسمح لبقية الطيف بالنفاذ وهي عبارة عن شرائح رقيقة من مادة يكون معامل انكسارها مناسب في المدى المطلوب العمل به .

6-شاشات العرض المسطحة: (Flat Panal Display)

هي شاشات عرض تعمل بتقنية متقدمة جدا عن الشاشات القديمة حيث أنها أعلى في النقاء وصفاء الصورة وأعلى في الأداء من غيرها حيث أنها لا تستهلك طاقة عالية كما أنها لا تلوث الطبيعة مثل باقي الشاشات ولها تكلفة أقل حيث أن بيئة تصنيعها اقل تلوث عن بيئة تصنيع شاشات العرض القديمة .

7-تخزين البيانات Data Storage

تخزن البيانات في هذه الأدوات حيث أنها تكتب ميكانيكيا بمقياس الناتو (nanoscale) وتقرأ بواسطة حافة رقيقة جدا وتمسح حرارياً ومثال على هذه الأجهزة (IBM والتي تستخدم فيها أفلام رقيقة جدا من البوليمر كوسط تخزين وفي بعض الأحيان تستخدم سبائك من (SMA Ni-Ti) كذاكرة.

8-المكثفات الفائقة Super Capacitors

كانت أول فكرة لتخزين الشحنة عام 1950م وحازت على براءة اختراع وكانت عبارة عن موصلين كهربيين بينهما عازل أحدهما يحمل شحنة موجبة والآخر يحمل شحنة سالبة. ثم تطورت صناعة المكثفات بعد ذلك حتى وصلت إلى المكثفات الفائقة حيث أن الفائقة هي أجهزة للطاقة كهروكيميائيا . المكثفات تخزين

9-أجهزة الاستشعار الغازية:Gas Sensors

وهي تعتبر أجهزة متطورة جدا متناهية في الصغر وتقنية الأغشية الرقيقة تلعب دوراً مهماً في تطور مثل هذه الأجهزة. حيث أن أجهزة الاستشعار تطورت بشكل سريع في الأولة الأخيرة والتي ساعدت كثير من العلماء على إتمام تجاربهم العملية الدقيقة

التوصيات

نوصي بدراسة نظرية عمليه الطلاء الدوار في تحضير الأغشية الرقيقه بالطرق الفيزياويه . لأنها طريقه سهله وسريعه لتوليد اغشيه رفيعه ومتجانسة من المحاليل . طلاء الدوار هو اجراء يستخدم لتطبيق اغشيه رقيقه موحده على ركـــائز مسطحة . على الرغم من ان الطلاء الدوار تم استخدامه عالميا في صناعة اشـباه الموصلات منذ فترة طويله الا انه لم يتم الشروع في اي دراسه للنظريه . ستسمح النـــظرية الدقيقه لطلاء الدوار بتصميم افضل والتحـــكم في العمليه في تطبيقاتها المختلـفه . كذلك نوصي بالابتعاد عن طريقة التبخير . على الرغم من كونها من اكثر الطرق انتشارا للمواد شبه الوصله صاحبة درجة الأنصهار الصغيره الا انها تكون مكـــلفه في بعض المواد ذات درجات انصهار عاليه جدا مثال التنجستن ، الموليبد ينوم او غاليه المعادن ولذالك نتجه الى استخدام طرق اخرى اقل كلفه.

المصادر

1 دكتورة اشواق طارق دحام - الاغشية الرقيقة - جامعه بابل - كلية التربيه

للعلوم الصرفة قسم فيزياء - مرحلة رابعة

2-رسل بدري - تكنولوجيا الاغشية الرقيقة وتطبيقاتها في الخلايا الشمسية - جامعة

القادسية كلية التربية للعلوم الصرفة 2018

3-Choi, J. S., Kang, Y. H. & Kim, K. H. Electrical conductivity of cadmium oxide. J. Phys. Chem. 81, 2208-2211 (1977)

4-S.M. Sze. "Physics of semiconductor Devices", John Wiley and Sons, New York, 1981

5-R. jayakrishnan, G.Hodes, Thin solid Films 440,19(2003)

6- حزيز بالقاسم دراسة خصائص البنوية و الضوئية والكهربائية لاكسيد القصدير

المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية منكر ماستر اكاديمي جامعه

الوادي -2014

7- ع. دقة، ا. مصباحي، تحديد بعض خصائص أغشية أكسيد النيكل (NiO)المطعم

بالحديد (Fe)،مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة الوادي، 2017.

-8

https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/6/6_2019_05_23!10_13_57_AM.pdf

9-عادل حبيب عمران الخياط – دراسة خواص البصرية الكهربائية لاغشية أوكسيد الكادميوم – و أوكسيد النحاس الرقيقة ومزيجها المحضر بطريقة الرش لالكيمائي الحراري –رساله ماجستير جامعة بابل -1998

10-دعاء جبر ,رسل حيدر , رسل ماجد – االاغشية الرقيقة وتطبيقاتها و خواصها البصرية – جامعة القادسية – قسم فيزياء -2021

11-Niranjan sahu, B parijah and S panigrahi, Fundamental understanding and modeling of spin coating process : A review, department of physics national institute of technology, Rourkela-769008, Orissa, India.